

Merkmale von Planzeiten aus Arbeitsbeobachtungen

H. Auernhammer und H. Zäh, Weihenstephan ¹⁾

Planzeiten sind unerläßliche Kennzahlen für die Beurteilung von Arbeitsverfahren. Das alleinige Vorhandensein solcher Daten reicht jedoch nicht aus, vielmehr müssen an sie hohe Anforderungen bezüglich ihrer Aussagekraft für die Praxis und damit an ihre Qualität gestellt werden. Ob diese Anforderungen von Planzeiten aus Arbeitsbeobachtungen erbracht werden können, soll im folgenden Beitrag untersucht werden.

Vergleich der Methoden

Grundsätzlich stehen heute für die Landwirtschaft die in Abbildung 1 dargestellten Methoden zur Erstellung von Planzeiten zur Verfügung. Von diesen Methoden kann die Auswertung von Zeitdaten aus der Aufschreibung nur grobe Richtwerte erbringen. Dagegen erlaubt der Arbeitsversuch und die Analyse mit Hilfe von Bewegungselementen eine vollständige kausalanalytische Beschreibung des Arbeitszeitbedarfes für einen definierten Arbeitsablauf. Allerdings ergeben sich bei diesen beiden Methoden große Probleme bei der Übertragung der damit erarbeiteten Planzeiten in die Praxis, denn diese Daten sind sehr stark durch die im Versuch oder bei der Analyse zugrundeliegenden Arbeitsmethoden geprägt. Außerdem können damit zusätzliche Angaben über Tätigkeitsunterbrechungen nicht erfaßt werden und die Analyse von Bewegungselementen läßt sogar Prozeßzeiten vollständig außer acht.

Demgegenüber baut die Arbeitsbeobachtung auf die Arbeitsmethoden und die Arbeitsabläufe der Praxis auf und liefert somit praxisorientierte Daten. Ihre Schwierigkeit liegt jedoch im starken

1) Beide Autoren sind Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" am Institut für Landtechnik in Weihenstephan (Direktor: Prof. Dr. H.L. Wenner)

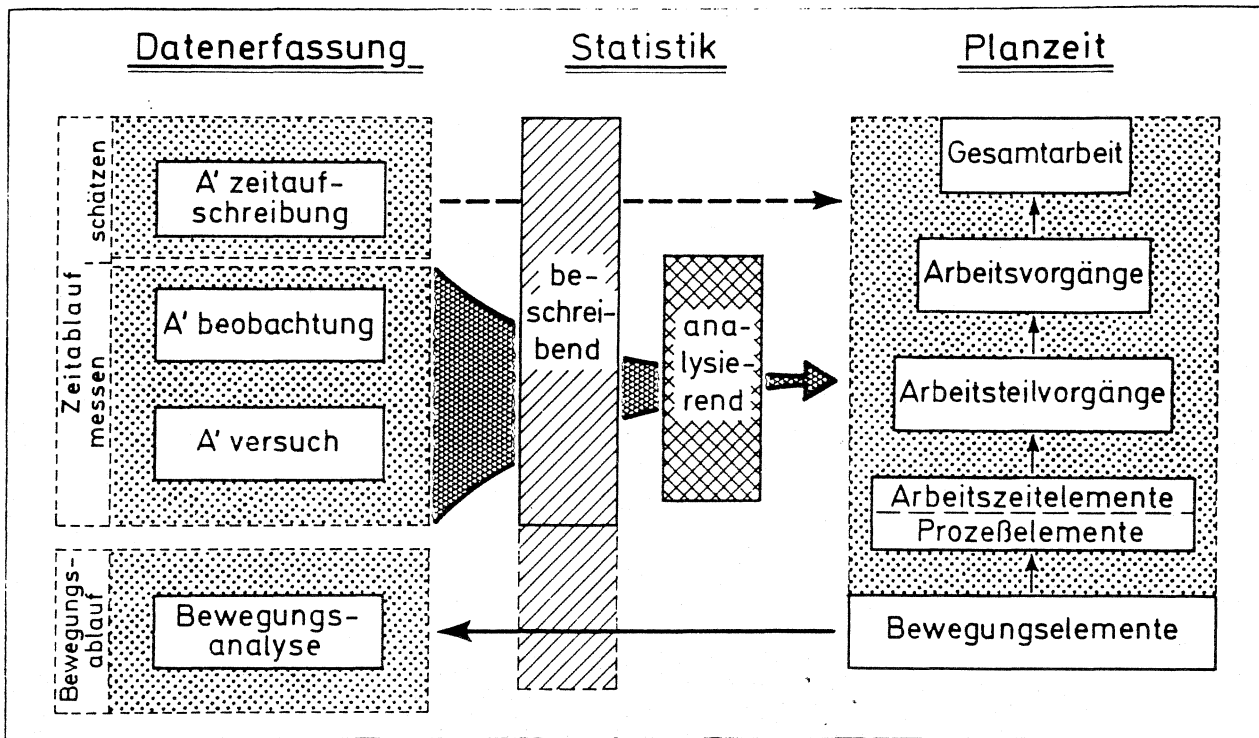
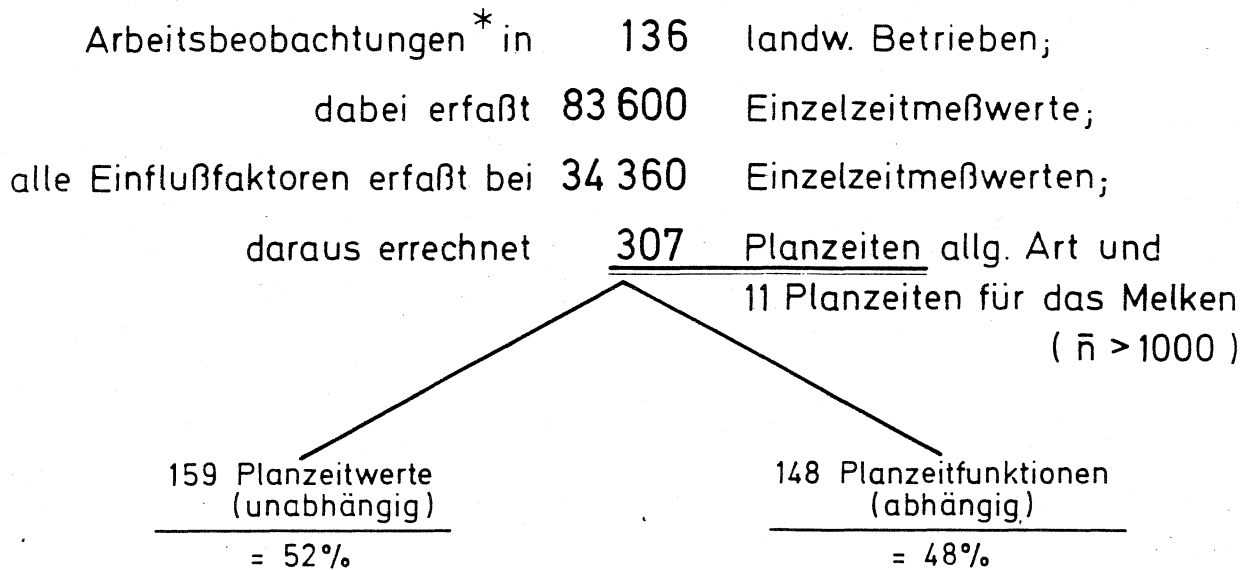


Abbildung 1: Datenerfassung und Planzeiterstellung



* durchgeführt von AUERNHAMMER, FREIBERGER, v. HENNEBERG, KAISER, NEUHUBER, REINHOLZ, ZÄH (1972 - 78)

Abbildung 2 : Analyse der Zeitmeßwerte aus der Rinderhaltung

Einfluß der Arbeitspersonen. Sie müssen in der in der Praxis üblichen Streubreite erfaßt werden, weshalb objektive Planzeiten nur dann erstellt werden können, wenn:

- im Einzelbetrieb eine ausreichende Sicherheit bei den dort erfaßten Daten vorliegt,
- eine Vielzahl von Betrieben die Variabilität der Arbeitspersonen erfaßt und
- ausreichende Gesamt-Stichproben die Grundgesamtheit der betreffenden Arbeitsverfahren repräsentativ wiedergeben.

Damit erfordert die Arbeitsbeobachtung einen relativ hohen Aufwand bei der Datenerhebung. Auch die Datenauswertung birgt viele Probleme in sich, weil die Datenform zum Teil spezifische statistische Aufbereitungsmaßnahmen erfordert.

Trotz dieser Einschränkungen wurde von uns die Arbeitsbeobachtung als Grundlage für die Planzeiterstellung gewählt, weil die genannten Forderungen sehr klein erscheinen gegenüber der Möglichkeit, praxisnahe Daten zu erstellen.

Die Datengrundlage

Im Zeitraum von 1972 bis 1978 wurden am Institut für Landtechnik in Weihenstephan schwerpunktmäßig die Haltungsverfahren der Rinderhaltung untersucht (Abb. 2). Von 7 verschiedenen Zeitnehmern wurden 136 Betriebe schwerpunktmäßig in Bayern durch Arbeitsbeobachtungen erfaßt. In diesen Betrieben konnten insgesamt folgende Produktionsverfahren analysiert werden:

- 46 Betriebe mit Kälberhaltung
- 24 Betriebe mit Bullenmast
- 80 Betriebe mit Milchviehhaltung
- 24 Betriebe mit Flüssigmistausbringung
- 6 Betriebe mit Festmistausbringung.

In jedem Betrieb wurden jeweils 4 Zeitaufnahmen durchgeführt. Jeweils die erste Zeitaufnahme diente der Analyse des Arbeitsablaufes und der Gewöhnung der Arbeitspersonen an die Zeitnehmer. Für jede Arbeitsperson war ein eigener Zeitnehmer zuständig. In den Milchvieh-

betrieben wurden zudem zusätzliche Zeitaufnahmen bei der Sommer-, bzw. Winterstallfütterung durchgeführt, um damit wirklich den praxisrelevanten Zeitaufwand zu erfassen.

In den Betrieben mit Festmistausbringung wurde jeweils eine Mindestzeitdauer von 3 Arbeitsstunden in die Beobachtung einbezogen.

Insgesamt wurden bei allen diesen Zeitaufnahmen etwa 83 000 Einzelzeitmeßwerte erfaßt. Aufgrund der genannten Vorgehensweise und der sehr starken Methodenuntreue in den landwirtschaftlichen Betrieben konnten von diesen Einzelzeitmeßwerten nur etwa 34 360 zur Planzeiterstellung herangezogen werden. Sie verteilten sich auf die während der Zeitaufnahmen insgesamt definierten 318 Planzeitelemente, so daß im Mittel etwa 100 Zeitmeßwerte je Planzeit vorliegen.

Aufgrund der gehäuft auftretenden Zeitwerte für die Zeitelemente des Melkens wurden diese mit im Durchschnitt jeweils mehr als 1000 Zeitwerten/Element gesondert ausgewertet.

Die restlichen 307 Planzeitelemente verteilten sich zu je etwa 50 % auf unabhängige und abhängige Planzeiten. Sie wurden entsprechend dieser Einteilung gesondert ausgewertet.

Die Eigenschaften der Planzeiten

I. Planzeitwerte (unabhängige Planzeiten)

Gemäß den geschilderten Zusammenhängen sind bei Zeitwerten aus Arbeitsbeobachtungen von der Normalität abweichende Formen zu erwarten. Diese Tatsache haben mehrere Autoren (1, 2, 4, 5) vermutet, bzw. versucht nachzuweisen. Aufgrund der großen Zahl an Zeitmeßwerten für die Zeitelemente des Melkens konnte nun erstmals in der Landwirtschaft versucht werden diese Theorien und Hypothesen zu prüfen.

So konnten z.B. für das Zeitelement "Melkzeug ansetzen" insgesamt 1068 Stichprobenelemente aus 80 Betrieben zur Auswertung herangezogen

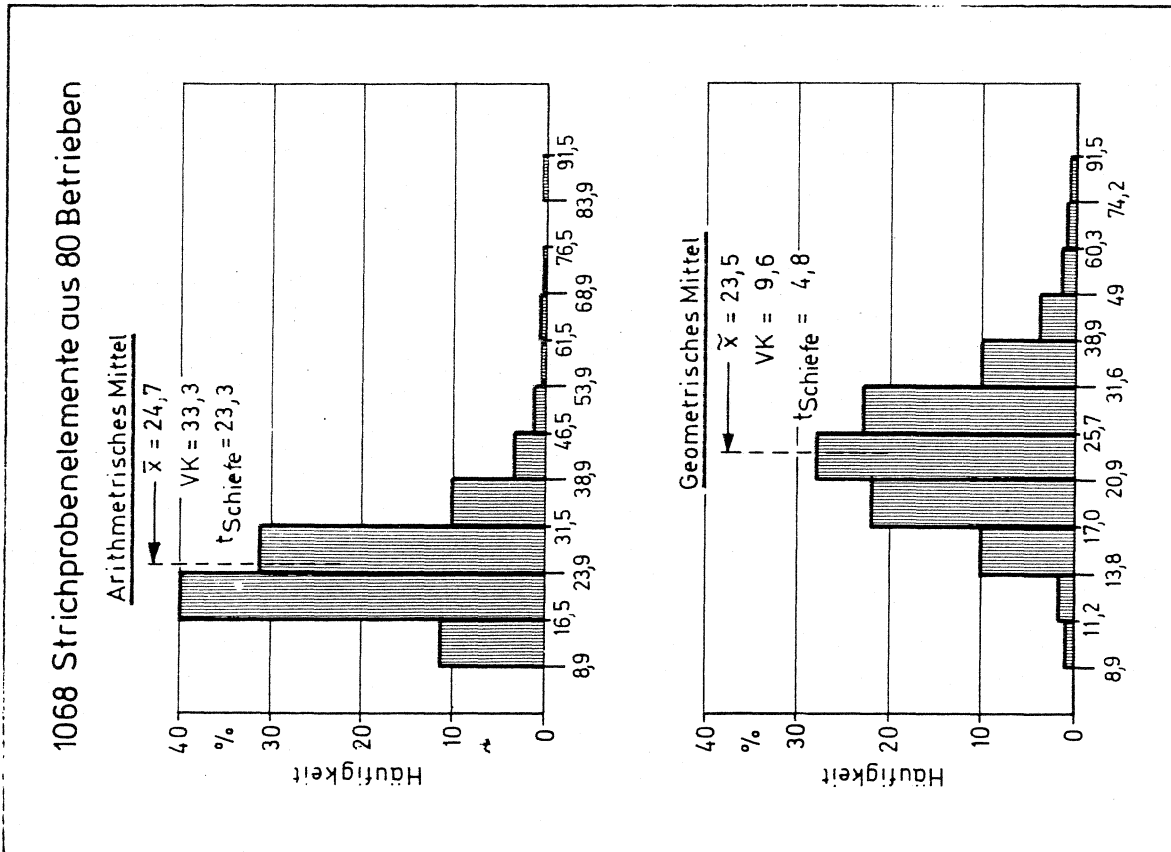


Abb. 3: Zeitelement "Melkzeug ansetzen"

159 Planzeitwerte

Anzahl der Mittelwerte	159 Planzeitwerte	
	89 arithmetisch	70 geometrisch
Anteil (%)	56	44
\bar{n}	10	v. d. Transformation 65
\bar{x} (AK min)	1,43	0,65
VK (%)	47,4	64,9
tSchiefe	0,75	6,8
ϵ	27,4	-
Erforderlicher Stichprobenumfang		n. d. Transformation 65
n ($\alpha = 10\%$, $\epsilon = 10\%$)		75
n ($\alpha = 5\%$, $\epsilon = 10\%$)		302
		12
		45

Abb. 4: Kenngrößen der Planzeitwerte (unabhängige Planzeiten)

werden. Sie lagen nach Abbildung 3 im Bereich von 8,9 bis 91,5 cmin mit einer überaus starken Anhäufung von 16,5 bis 31,5 cmin. Als arithmetisches Mittel erbrachte die Auswertung ein \bar{x} von 24,7 cmin bei einem Variationskoeffizienten (VK in %) von 33,3. Allerdings zeigt der t-Wert für die Schiefe, daß die Häufigkeitsverteilung signifikant von einer echten Normalverteilung abweicht. Die Verwendung von \bar{x} als Planzeitwert wäre demnach nicht praxisnah, weil in diesem Beispiel 56 % aller Zeitwert~~e~~ unter dem Mittelwert liegen.

Die Frage, ob für dieses Beispiel bei der relativ hohen Stichprobenzahl von über 1000 die Auswertung als log-Normalverteilung eine bessere Aussage erbringen kann, ist aufgrund dieser Untersuchung eindeutig positiv zu beantworten. So führt die Streckung des Bereiches bis zum arithmetischen Mittel und die Kontraktion des ursprünglichen rechten Verteilungsastes zu einer beinahe klassischen Form der Normalverteilung. Auch der noch verbleibende hohe t-Wert für die Schiefe kann diesen Eindruck nicht widerlegen, wenn man bedenkt, daß diese Testform mit zunehmendem Stichprobenumfang immer schärfer wird.

Aber auch die unabhängigen Zeitelemente mit geringerem Stichprobenumfang (Abb.4) zeigen diese Charakteristik, wenn der mittlere Zeitwert relativ klein (unter 1 AKmin) ist. So war bei nahezu der Hälfte aller Planzeiten aufgrund der vorhandenen positiven Schiefe eine Transformation erforderlich und führte auch dabei zu dem schon aufgezeigten Erfolg. Die Reduzierung dieses repräsentativen Mittelwertes beträgt dabei etwa 20 %. Insbesondere wird durch die nunmehr vorliegende Häufigkeitsform ein zuverlässiger ξ -Test ermöglicht. Er zeigt bei einem $\alpha_{90\%}$ einen Wert von 4,15 % und liegt damit deutlich unter jenem der nicht transformierten, aber trotzdem normalverteilten Planzeiten. Bei jenen erklärt sich der wesentlich höhere ξ -Wert durch die größere Variabilität, welche bedingt durch den nahezu vierfachen mittleren Planzeitwert möglich ist.

Aus beiden Analysen läßt sich nun die Zahl der erforderlichen Meßwerte errechnen. Unter der Voraussetzung daß ein Irrtum von $\alpha = 90\%$ für Planzeiten aufgrund der nicht immer identischen Arbeitsmethode auch innerhalb einer Planzeit zulässig ist und daß die Genauigkeit ξ mit 10 % ausreichend ist, wären demnach 75, bzw. nur 12 Meßwerte

je Planzeit erforderlich. Andererseits könnte durch die geringere Variabilität der log-normalverteilten Planzeiten ein geringerer Irrtum der Aussage von $\alpha = 5\%$ erreicht werden, wenn eine mittlere Meßwertzahl von 45 angesetzt wird.

II Planzeitfunktionen (abhängige Planzeiten)

Bei nahezu 50 % aller Planzeiten in der Rinderhaltung konnte über die Korrelationsanalyse ein signifikanter Einfluß einer oder mehrerer Einflußgrößen festgestellt werden. Wesentlich dafür dürfte sein, daß alle diese Planzeiten in ihrer mittleren zeitlichen Länge z.T. erheblich über jenen der unabhängigen Planzeiten lagen und damit die Wirkung der entsprechenden Einflußgrößen über der Variabilität der Arbeitsperson und der Methodentreue lag.

Zur Beurteilung abhängiger Stichproben dient als wesentlichster Parameter das Bestimmtheitsmaß. Es erklärt in v.H. den Einfluß der auf die Zielgröße wirkenden Variablen. Für alle Planzeitfunktionen wurde deshalb das Bestimmtheitsmaß näher untersucht (Abb. 5). Dabei zeigten sich über der Anzahl der Stichprobenelemente 2 klare Bereiche.

Im Bereich bis etwa 150 Zeitwerte je Planzeitfunktion streuen die Bestimmtheitsmaße sehr stark. Dies dürfte auf eine noch zu kleine Anzahl an Meßwerten zurückzuführen sein. Einerseits ergibt sich daraus die Möglichkeiten, daß Einflußgrößen in ihrer gesamten Variabilität noch nicht erfaßt sind und damit eine zu hohe Korrelation vorgetäuscht wird. Andererseits kann aber auch das Gegenteil einer nicht über die gesamte Streubreite erfaßten Einflußgröße eine zu geringe Korrelation erbringen, wodurch diese Planzeitfunktionen dann relativ geringe Bestimmtheitsmaße errechnen.

Im Bereich ab 150 Zeitwerte je Planzeitfunktionen tritt dagegen eine deutlich sichtbare Stabilisierung der Bestimmtheitsmaße ein. Sie dürfte auf die schon genannte vollständige Erfassung der Einflußgrößen über den gesamten Streubereich hinweg zurückzuführen

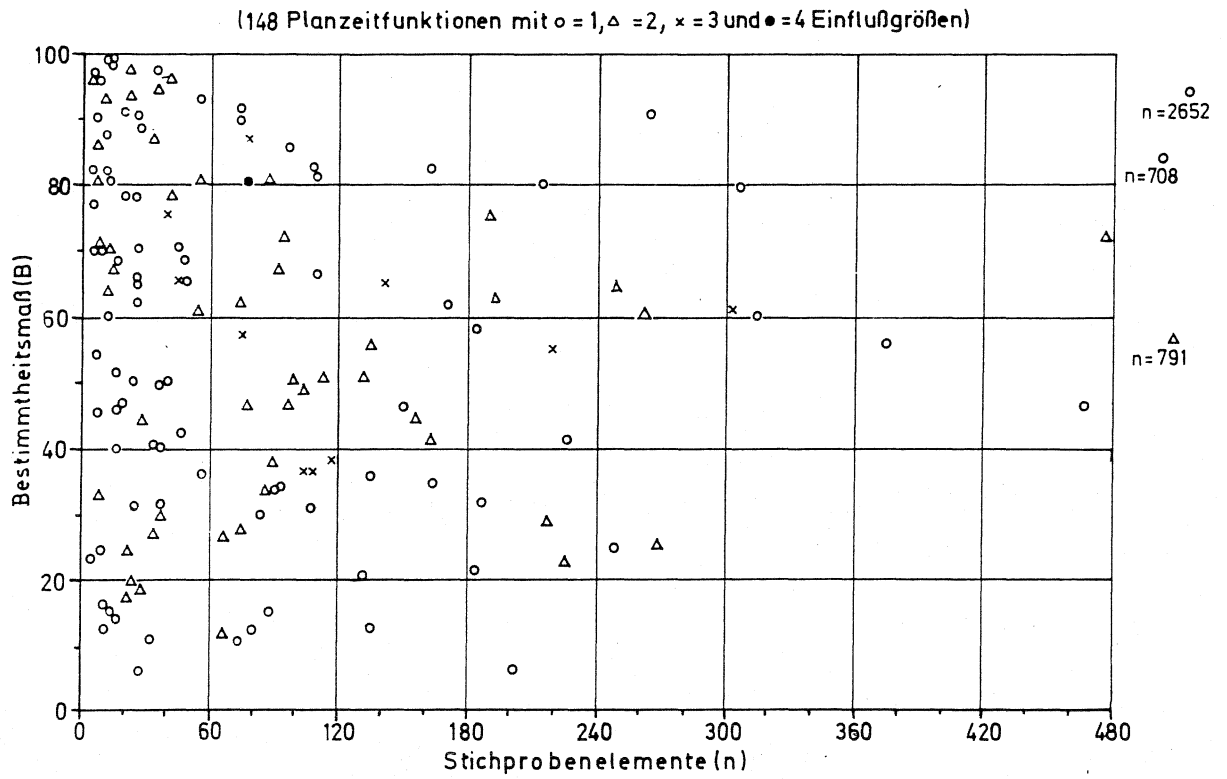


Abb. 5: Bestimmtheitsmaß bei den Planzeitfunktionen der Rindermast

148 Planzeitfunktionen

Anzahl der Funktionen	85	51	11	1
Einflußgröße	1	2	3	4
Anteil (%)	58	34	7	1
\bar{n}	118	111	102	79
\bar{x} (AK min)	1,48	1,69	1,78	2,30
B (%)	52,2	56,7	60,1	81,1

Art der Einflußgrößen in (%):	Wegelänge	50
	Einheiten	42
	Gewichte	33
	Breite, Höhe	9
	Fläche	5

Abb. 6 : Kenngrößen der Planzeitfunktionen (abhängige Planzeiten)

sein und damit sowohl die überhöhten als auch die unterschätzten Parameter eliminieren.

Außerdem zeigt eine Analyse nach der Zahl der Einflußgrößen je Planzeitfunktion einen deutlichen Einfluß (Abb. 6). Bei etwa 58 % aller Planzeitfunktionen konnte eine signifikante Einflußgröße ermittelt werden. Bei etwa 34 % waren es derer 2 und bei 8 % aller Planzeitfunktionen ergab sich eine Signifikanz von 3 und mehr Einflußgrößen. Diese Zusammenhänge waren verbunden mit einem Anstieg des mittleren Zeitbedarfes je Planzeitfunktion und gleichzeitig mit einem höheren Bestimmtheitsmaß bei zunehmender Zahl an Einflußgrößen. Längere zu messende Abschnitte erlauben dabei vermutlich dem Zeitnehmer, mehr Augenmerk auf die exakte Erfassung der Einflußgrößen zu legen.

Hinsichtlich der Art der Einflußgrößen konnte für die Planzeitfunktionen der Rinderhaltung eine deutliche Rangfolge ermittelt werden. So waren in 50 % aller Funktionen Weglängen enthalten, zu bearbeitende Einheiten wie Tierzahlen, Eimer, Türen usw. waren in etwa 40 % und zu bewältigende Lasten in 33 % der untersuchten Planzeitfunktion anzutreffen. Viertrangig waren hingegen die Breiten- und Höheneinflüsse und nur 5 % der Planzeitfunktionen bezogen sich auf zu bearbeitende Flächen.

Bewertet man nun insgesamt die Planzeitfunktionen anhand der erreichten Bestimmtheitsmaße, dann zeigt sich bei den Zeitwerten aus der Arbeitsbeobachtung ein überraschend hoher Signifikanzgrad der Einflußfaktoren. Mit etwa 150 Zeitmeßwerten je Planzeitfunktion können im Durchschnitt etwa 50 - 60 % der Variabilität erklärt werden. Bedenkt man weiterhin, daß trotz eindeutiger Definition der Zeitelemente in den Betrieben eine nicht unbeachtliche Abweichung bei der Arbeitsmethode anzutreffen ist und daß die verwendeten technischen Hilfsmittel beträchtlich streuen können, dann verbleibt für die durch die Arbeitspersonen hervorgerufene Variabilität nur noch ein Anteil von 20 - 30 %. Dieses Ergebnis wird auch von jenen Planzeitfunktionen bestätigt, welche die zuletzt genannten Störvariablen

nicht beinhalten. Derartige Planzeitfunktionen wie das "Gehen ohne Belastung" erreichen bei ausreichender Stichprobengröße Bestimmtheitsmaße von 70 bis 90 %. Hingegen zeigten in dieser Untersuchung Arbeitsabschnitte mit höherer körperlicher Belastung bei linearer Auswertung wesentlich niedrigere Bestimmtheitsmaße mit zum Teil beträchtlichen negativen Anteilen des Achsenabschnittes a. Sobald aber bei diesen Planzeiten ähnlich wie bei den log-normalverteilten Planzeiten eine Transformation der Zeitwerte durchgeführt wurde, verhielten sich diese Funktionen wie das schon beschriebene Element "Melkzeuge ansetzen". Folglich muß auch bei abhängigen Planzeiten über eine Testgröße (Schiefetest der Residuen) das Verhalten der Zeitwerte bei der Auswertung untersucht und ggf. berücksichtigt werden.

Zusammenfassung

Bei der Arbeitsbeobachtung in der Rinderhaltung wurden im Zeitraum von 1972 bis 1978 mehr als 80 000 Zeitmeßwerte erhoben. Zur Planzeiterstellung für 320 Zeitelemente wurden davon etwa 34 000 herausgezogen. Je zur Hälfte ergaben sich unabhängige und abhängige Planzeiten.

Unabhängige Zeitelemente mit einem Zeitbedarf unter 1 AKmin zeigte fast durchwegs eine positiv schiefe Verteilung. Über die log-Transformation wurde dafür aber eine nahezu klassische Verteilungsform erreicht, so daß der geometrische Mittelwert repräsentativ für die Planzeiten ist. Für eine statistische Absicherung müßten im Durchschnitt 45 bis 75 Zeitmeßwerte je Zeitelement erhoben werden.

Abhängige Zeitelemente erreichten im Mittel Bestimmtheitsmaße von 50 bis 60 %. Mit zunehmendem Stichprobenumfang stabilisierte sich dieser Parameter im genannten Bereich. Planzeitfunktionen mit mehr Einflußgrößen zeigten im Mittel einen längeren Zeitbedarf je Arbeitsabschnitt und außerdem erhöhte sich das Bestimmtheitsmaß mit jeder weiteren Einflußgröße um etwa 4 %. Auch bei abhängigen Zeitelementen muß insbesondere bei reiner manueller Tätigkeit die typisch schiefe Verteilungsform der Zeitmeßwerte beachtet werden. Insgesamt dürfte aufgrund dieser Untersuchungen die Variabilität der Arbeitspersonen auf 20 bis 30 % geschätzt werden.

Literatur:

1. AUERNHAMMER, H., B. v. HENNEBERG, C.L. PEN: Untersuchungen von Verteilungen einiger Arbeitselemente in der Landwirtschaft. In: Wissenschaftliche Hefte der Studiengesellschaft für landwirtschaftliche Arbeitswirtschaft e.V., Heft 2, Bad Kreuznach 1973.
2. AUERNHAMMER, H.: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. KTBL - Schrift 203, Hilstrup: Landwirtschaftsverlag 1976.
3. HAMMER, W.: Ganzheitliche und kausale Betrachtung als Grundlage für Arbeitszeitstudien in der Landwirtschaft. In: Aufgaben und Ergebnisse aus der Landarbeitswissenschaft. Landarbeit und Landtechnik, Heft 35, Hamburg 1968.
4. REFA: Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 1 "Grundlagen", Teil 2 "Datenermittlung", Teil 3 "Kostenrechnung und Arbeitsplatzgestaltung". München 1972.
5. SAUER, H.: Mathematisch-statistische Auswertungsmethode für Zeitstudien. In: Zbl. Arb.Wiss. 1955, Heft 6 und 7, S. 92-110.

Anschrift der Autoren:

Dr. H. Auernhammer und H. Zäh
Institut für Landtechnik
Vöttingerstraße 36
D-8050 Freising